

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. November 2004 (04.11.2004)

PCT

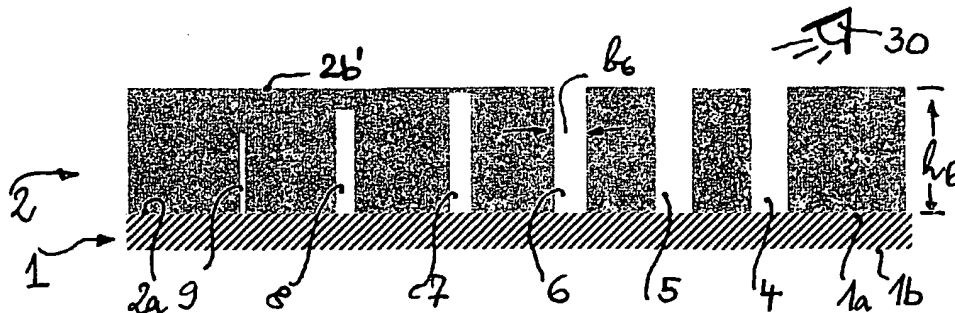
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/095567 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 21/68, (61) Zusatzanmeldung zu früherer Anmeldung oder  
23/544 früherem Patent:  
DE PCT/DE04/801 (POA)  
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2004/000801 Angemeldet am 16. April 2004 (16.04.2004)  
(22) Internationales Anmeldedatum: 16. April 2004 (16.04.2004) (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): X-FAB SEMICONDUCTOR FOUNDRIES  
AG [DE/DE]; Haarbergstrasse 67, 99097 Erfurt (DE).  
(25) Einreichungssprache: Deutsch (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LERNER, Ralf  
[DE/DE]; Josef-Albers-Strasse 20, 99085 Erfurt (DE).  
(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch  
(30) Angaben zur Priorität: 103 17 747.7 17. April 2003 (17.04.2003) DE (74) Anwälte: LEONHARD OLGEMOELLER FRICKE  
usw.; Postfach 10 09 62, 80083 Muenchen (DE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MONITORING THE REDUCTION IN THICKNESS AS MATERIAL IS REMOVED FROM A WAFER COMPOSITE  
AND TEST STRUCTURE FOR MONITORING REMOVAL OF MATERIAL

(54) Bezeichnung: KONTROLLE DES DICKENABTRAGS VON EINEM SCHEIBENVERBUND UND TESTSTRUKTUR ZUR  
ABTRAGSKONTROLLE



(57) Abstract: The aim of the invention is to create a simple monitoring or testing method for monitoring a reduction in thickness as material is removed from a bonded semiconductor wafer pair, which prevents failure effects as material is removed from wafers (polishing, grinding or lapping). In addition, the costs of the material removal process should be reduced by minimizing the complexity of monitoring, as well as by reducing the amount of resulting refuse. To this end, the invention provides a test structure (4, 5, 6, 7, 8, 9) comprised of a systematic row of a number of different depth trenches that are made in the (active) wafer (2). A thickness ( $h_6$ ;  $h_7$ ) of the active wafer (2) desired during material removal, particularly during a polishing, corresponds to the depth ( $t_6$ ;  $t_7$ ) of a reference trench (6; 7) of the trenches of the test structure, said reference trench (6) being surrounded by flatter and deeper trenches (5, 7). The active wafer (2), via the side (2a) on which the test structure was provided, is bonded to the second wafer of the semiconductor wafer pair provided as a supporting wafer (1). A removal of material, particularly a polishing, is effected on the rear (2b) of the active wafer (2) until the reference trench (6) is exposed. The result is visually observed (30) in order to monitor the reduction in thickness as material is removed from the first wafer (2).

(57) Zusammenfassung: Es soll ein einfaches Kontroll oder Testverfahren zur Kontrolle eines Dickenabtrags von einem gebundenen Halbleiterscheiben-Paar geschaffen werden, welches Fehlereinflüsse beim Scheibenabtragen (Polieren, Schleifen oder Läppen) vermindert. Die Kosten des Abtragsprozesses sollen durch Minimieren des Kontrollaufwandes ebenso reduziert werden, wie entstehende Ausschüsse. Vorgeschlagen wird

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/095567 A1



(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

#### Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

#### Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

eine Teststruktur (4,5,6,7,8,9), bestehend aus einer systematischen Reihe von mehreren, unterschiedlich tiefen Gräben, die in die (aktive) Scheibe (2) eingebracht sind. Eine beim Abtragen, insbesondere einem Polieren, angezielte Dicke (h6;h7) der aktiven Scheibe (2) entspricht einer Tiefe (t6;t7) eines Bezugsgrabens (6;7) der Gräben der Teststruktur, welcher Bezugsgraben (6) von flacheren und tieferen Gräben umgeben ist (5,7). Die aktive Scheibe (2) wird mit der Seite (2a), von der die Teststruktur eingebracht wurde, auf die zweite Scheibe des Halbleiter-Scheibenpaars als Trägerscheibe (1) gebondet. Ein Abtragen, insbesondere ein Polieren, von der Rückseite (2b) der aktiven Scheibe (2) bis zum Freilegen des Bezugsgrabens (6) wird vorgenommen. Das Ergebnis wird optisch beobachtet (30), zur Kontrolle des Dickenabtrags von der ersten Scheibe (2).

## Kontrolle des Dickenabtrags von einem Scheibenverbund und Teststruktur zur Abtragskontrolle

Die Erfindung befasst sich mit dem oben angegebenen technischen Gebiet im Rahmen  
5 der Herstellung von Halbleiterscheiben aus zwei miteinander verbundenen  
Einzelscheiben, die zusammen gebondet sind. Betroffen ist ein Verfahren zur Kontrolle  
des Dickenabtrags von dem Scheibenpaar und eine Testeinrichtung (Teststruktur), die  
an der Scheibe oder in der Scheibe selbst vorgesehen ist, um die Abtragskontrolle zu  
ermöglichen.

10 Aus der **US 6,242,320** (Sang Mun So) sind unterschiedlich tiefe Gräben in einer ersten  
Wafer-Scheibe dem Fachmann zugänglich. Eine zweite Scheibe wird ebenfalls  
verwendet. Die Gräben haben abwechselnde Tiefen, ein tieferer Graben wird von zwei  
flacheren Gräben flankiert. Durch zwei nacheinander erfolgende Polierschritte, die in  
15 den dortigen Figuren 2G und 2I veranschaulicht sind, vgl. insbesondere Spalte 4,  
Zeilen 8 bis 51, wird eine gleichförmige Dicke der oberen Scheibe erzielt. Die Gräben  
sind mit einem Isolierstoff gefüllt, vgl. dort Spalte 3, Zeilen 20 bis 29, sie dienen als  
"polishing stopper", verbunden mit einem zwischengelagerten weiteren Ätzvorgang, bei  
dem die tieferen Gräben (dort 25) auf eine Tiefe heruntergeätzt werden, wie die weniger  
20 tiefen Gräben (dort 23), vgl. dortige Figur 2H.

Aus der **US 6,156,621** (Nance et al., Infineon) ist ein Verfahren zur Herstellung einer Si-  
SiO<sub>2</sub>-Si-Scheibe bekannt, bei der zunächst eine homogene Siliziumscheibe mit  
Isoliergräben (Trenches) versehen wird, die anschließend mit der Oberfläche auf eine  
25 zweite Scheibe gebondet werden. Zwischen den Scheiben befindet sich eine leitfähige  
Schicht aus Polysilizium, dort 9, die sowohl die Gräben auffüllt, wie auch eine  
vernetzende Zwischenschicht zwischen den beiden verbundenen Scheiben bildet (dort  
9, 4). Nach einem Zurückschleifen (Dünnen) von der Oberseite können die  
Isoliergräben freigelegt werden; das Zurückdünnen erfolgt vor dem Aufbonden dieser  
30 Scheibe über die Polysiliziumschicht zur Bildung eines Scheibenverbundes, vgl. dort  
Spalte 3, Zeilen 18 bis 23, oder die deutsche Korrespondenz DE 197 41 971, Spalte 2,  
Zeilen 31 bis 39. Das Ergebnis ist eine mit Isolationsgräben versehene Doppelscheibe.  
Kontrollen der Schleif- oder Polierdicken, wegen des Einflusses des Befestigungsfilmes  
(dortige Polysiliziumschicht 4) sind wegen Gefahren der Kristallstörungen und  
35 Störungen sowie Verschmutzungen der polierten Oberfläche beim Kontrollmessen  
problematisch.

Durch Treppenstrukturen oder konische Ausbildungen von Gräben mögliche Tiefenmessungen sind aus **US 6,514,858** (Hauser et al., AMD) bekannt, vgl. dort Figuren 4A, 4B und Figuren 3C. Während des Abtragens werden die Gräben breiter, wobei das Auffüllen durch ein Metall geschah, das optisch hinsichtlich seiner  
5 entstehenden Breite stufig oder stetig verändert, erfasst werden kann. Die Ausbildung von Gräben mit konisch ausgebildeter Wandstruktur ist technisch schwierig, gepaart mit einer aufwendigen notwendigen Vermessung auf dem Halbleiter.

**Es ist Aufgabe der Erfindung**, ein einfaches Kontroll- oder Testverfahren

10 vorzuschlagen, welches die beschriebenen Fehlereinflüsse beim Scheibenabtragen, insbesondere einem Polieren oder Läppen vermindert. Die Kosten des Abtragsprozesses sollen durch Minimieren des Kontrollaufwandes ebenso reduziert werden, wie entstehende Ausschüsse, welche die Kosten in die Höhe treiben würden.

15 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Teststruktur gelöst (Anspruch 10), die im Rahmen eines Verfahrens eingesetzt wird (Anspruch 1). Mittels dieser (einfachen) Teststruktur ist ein System von Gräben bestimmt, dass zur zumindest groben Bestimmung der Abtragsmenge oder -tiefe verwendet wird.

20 Die Gräben sind in einer systematischen Reihe angeordnet. Sie befinden sich in einer ersten Scheibe, welche auch Bauelementescheibe (oder aktive Scheibe) genannt wird, ob ihrer Bedeutung, dass sie nach dem Dickenabtragen in einem oder mehreren späteren Verfahrensschritten aktive Bauelemente, wie Halbleiter oder Schaltungen integriert erhält (Anspruch 5).

25 Die passive Scheibe ist die Trägerscheibe, welche eine Isolatorscheibe sein kann (Anspruch 6). Beide Scheiben werden aufeinander gebondet, durch eine Bondverbindung, die flächig wirkt.

30 Die systematische Reihe der Gräben bildet ein System von Gräben bestimmter, aber unterschiedlicher Tiefe, die in einer Folge angeordnet sind. Die Gräben und ihre unterschiedliche Tiefe ergibt sich durch ein Ätzen mit Ätzmaskenöffnungen einer Maske (Anspruch 3). Durch diese Ätzung werden Gräben unterschiedlicher Breite und damit auch unterschiedlicher Tiefe (Anspruch 2, 3) in die aktive Scheibe eingebracht. Sie  
35 nimmt später die aktive elektronische Schaltung auf, woraus ihr Name hergeleitet ist.

Der Umfang oder die Abtragstiefe beim Scheibenabtragen, z.B. durch ein Polieren oder Läppen, bemisst sich nach einer erwünschten (angezielten) Dicke der aktiven Scheibe,

die vorzugeben ist (Anspruch 13). Ist dieser Dickenabtrag erreicht, kann der Abtragsvorgang beendet werden (Anspruch 9, 14). Um das Ende des Abtragens zu erkennen, wird eine optische Einrichtung verwendet, die eine Beobachtung vornimmt, zur Kontrolle des Dickenabtrags. Dabei wird der erwünschten Dicke eine Grabentiefe zugeordnet, also ein Graben aus der systematischen Reihe wird als Bezugsgraben ausgewählt oder vorgegeben, dessen Tiefe zumindest im Wesentlichen der gewünschten Stärke (oder Dicke) der aktiven Scheibe entspricht.

Ist nicht einer der am Rande liegenden Gräben ausgewählt, so umgeben den Bezugsgraben zumindest ein nicht so tiefer (flacherer) und ein tieferer Graben. Das Umgeben heißt, dass die Gräben dem Bezugsgraben benachbart sind, also einen Abstand aufweisen, aber nicht zu weit entfernt sind.

Der zuvor beschriebene Vorgang des Auswählens eines Grabens als Bezugsgraben kann auch später erfolgen, nach einem Aufbonden der aktiven Scheibe auf die Trägerscheibe. Dabei werden die Gräben kopfüber, also mit ihrer offenen oder oberen Seite nach unten, auf die Oberfläche der Trägerscheibe aufgebondet. Die Oberseite ist diejenige, auf der sich die Teststruktur befindet, bzw. in welche Oberfläche die systematische Reihe aus den mehreren Gräben eingebracht worden ist. Diese Seite wird auf die Trägerscheibe gebondet (Anspruch 4).

Erfolgt im Prozess des Waferbehandelns der Abtrag der aktiven Scheibe, also von der Rückseite der aktiven Scheibe, so reduziert sich ihre Dicke. Dieser Abtrag wird vorgenommen, bis der Bezugsgraben von der Rückseite der aktiven Scheibe sichtbar wird, also sein Boden freigelegt, bzw. überhaupt dieser Graben sichtbar ist. Dieses erkennt die Beobachtungseinrichtung.

Zum Erkennen kann der Abtragsvorgang unterbrochen werden und dann, wenn der Bezugsgraben durch die optische Einrichtung noch nicht erkannt wird, auch fortgesetzt werden. Dieser Kontrollvorgang kann sich ein- oder mehrfach wiederholen, bis der Bezugsgraben freigelegt wird, also sein Boden von dem Abtragsvorgang abgetragen wird und er damit von der optischen Einrichtung erkennbar wird.

Mittels einer solchermaßen gebildeten Teststruktur kann eine Dickenbestimmung im Abtragsprozess durch eine einfache optische, insbesondere visuelle Kontrolle erfolgen. Zuerst erscheinen beim Abtragen der Scheibe der Reihe nach die tieferen und breiten Gräben, welche optisch dann erkennbar sind.

Das Abtragen in vertikaler Richtung wird so abgebildet auf eine horizontale Richtung, welche leichter optisch erfasst werden kann. Es ergibt sich eine Beziehung  $x(t)$ , also ein Weg-Tiefen-Diagramm, das umso mehr Gräben freilegt, je geringer die verbleibende Höhe der aktiven Scheibe wird und je größer der Abtrag war. Der Prozess des  
5 Abtragens wird beendet, nachdem der Bezugsgraben freigelegt wurde.

Wenn es beispielsweise um einen Abtrag bis zum Freilegen eines der vorher in die aktive Scheibe eingebrachten systematischen Reihe von Gräben geht, kann die Teststruktur so aufgebaut sein, dass die vorgesehene Isoliergrabentiefe der Scheibe  
10 sich im Mittelfeld der Reihe der unterschiedlich tiefen Gräben befindet, d.h. von Gräben kleinerer und Gräben größerer Tiefe umgeben ist (Anspruch 1, Anspruch 15).

Bei der Herstellung der Gräben in der aktiven Scheibe wird ein entsprechender Bezugsgraben der Teststruktur auf die gleiche Tiefe ausgebildet, wenn er die gleiche  
15 Breite aufweist, wie ein anderer Graben. Die breiteren Gräben ätzen sich automatisch tiefer aus und die schmälere nicht so tief, vgl. dazu **US 6,515,826 B1** (Hsiao, IBM), dort Abstract und dortige Figuren 15 und 16, letztere insbesondere mit dem Verlauf der Grabentiefe über der Öffnungsbreite.

20 Werden zwei unterschiedlich breite Gräben geätzt, vorgegeben durch die Ätzmaske, so entstehen bei gleicher Ätzzeit auch unterschiedlich tiefe Gräben.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

**Figur 1** veranschaulicht eine Teststruktur in Schnittansicht. Abgebildet ist ein Querschnitt durch eine Reihe von der (freien) Vorderseite der aktiven Scheibe einer SOI-Scheibenanordnung her durch Abtrag geöffneter Gräben und noch geschlossener Gräben. Die weniger tiefen Gräben sind noch verschlossen.

**Figur 2a** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Abschnitts nur der Bauelementescheibe 2 mit einer Sequenz von unterschiedlich tiefen und breiten Gräben, die im Abstand voneinander angeordnet sind.

**Figur 2b** ist das Ausführungsbeispiel von Figur 2a, kopfüber gebondet auf eine Trägerscheibe 1, wobei die Gräben durch das Bonden verschlossen werden.

**Figur 3a** ist eine Ansicht von oben (von der Abtragsseite 2b" her gesehen), von der im Schnitt dargestellten Figur 3b.

**Figur 3b** ist ein vertikaler Schnitt, entsprechend demjenigen von Figur 1, in einer Verfahrensstufe, bei der mehr von der ersten, aufgebondeten Scheibe 2 in Höhenrichtung abgetragen wurde, so dass mehr Gräben freigelegt worden sind, als im Ausführungsbeispiel der Figur 1.

Figur 1 veranschaulicht den Querschnitt. 1 ist eine isolierende Schicht, beispielsweise eine Trägerscheibe aus Siliziumdioxid  $\text{SiO}_2$ . Die aktive Schicht 2 ist beispielsweise aus Silizium. Sie wird als Halbleiterschicht oder Bauelementescheibe auch bezeichnet. Die Oberseite 2b' der aktiven Scheibe 2 ist bereits abgetragen dargestellt, so dass von den mehreren Gräben 4, 5, 6, 7, 8, 9 bereits drei Gräben geöffnet sind. Die anderen drei Gräben sind noch geschlossen. Die Scheibe hat eine Höhe  $h_6$  entsprechend im Wesentlichen der Tiefe des Grabens 6, der eine Breite  $b_6$  aufweist. Entsprechende Breiten  $b_4$  bis  $b_9$  gehören zu den Gräben 4 bis 9.

Dargestellt in Figur 1 ist das Verfahrensergebnis nach Vornehmen aller Verfahrensschritte für das gedünnte, gebondete Scheibenpaar.

Eine optische Einrichtung 30, die schematisch dargestellt ist, ist in der Lage, geöffnete Gräben zu erkennen, die ihren Boden abgetragen erhielten durch den Abtragsprozess, der beispielsweise ein Polieren oder ein Schleifen oder ein Läppen ist. Hier können das Auge, ein technisches Mikroskop oder eine Lupe Anwendung finden. Nicht dargestellt

ist das Abtragswerkzeug, das beispielsweise eine chemisch mechanische Poliereinrichtung sein kann, abgekürzt CMP.

- Die gesamte Grabenstruktur als systematische Reihe von mehreren Gräben bildet die Teststruktur. Sie ist in der Halbleiterscheibe angeordnet, die später eine – ebenfalls nicht dargestellte – aktive elektronische Schaltung aufnehmen soll, an einer Stelle, die nicht unmittelbar in oder zwischen den Gräben liegt, sondern davon auch beabstandet sein kann.
- Ein Beispiel einer noch nicht kopfüber auf die isolierende Schicht 1 aufgetragene Halbleiterscheibe 2 ist in Figur 2a dargestellt. Hier sind dieselben Gräben mit unterschiedlicher Breite und unterschiedlicher Tiefe gezeigt, wie in Figur 1, nur ist hier die Halbleiterscheibe 2 noch dicker. Sie hat die Grunddicke  $h_0$ . In sie werden Gräben eingebracht, die als Gräben 4 bis 9 eine systematische Reihe bilden, gestaffelt nach Tiefe und Breite, wobei die breiten Gräben beim Ätzprozess, der nicht gesondert dargestellt, aber für den Fachmann evident ist, automatisch eine größere Tiefe erhalten. Der Graben 4 hat die größte Tiefe und die größte Breite. Der Graben 9 hat die geringste Tiefe und die geringste Breite.
- Ein jeweiliger Grabenboden steht für das Ende des Ätzens und ist für jeden Graben mit dem entsprechenden Bezugszeichen des Grabens benannt, unter Anfügung des Buchstabens "a". 6a ist der Grabenboden des Grabens 6, 7a der Grabenbodens des Grabens 7.
- Die Bauelementescheibe 2 besitzt damit zwei Höhenabschnitte, denjenigen Abschnitt 2d, in den die Gräben eingebracht werden und einen weiteren Abschnitt 2c, der ohne Gräben versehen ist. Beide gemeinsam werden mit ihrer Oberseite 2a, derjenigen Seite, von der die Teststruktur eingebracht wurde, auf die zweite Scheibe 1 des Scheibenpaares aufgebracht. Diese zweite Scheibe 1 kann eine isolierende Schicht aus beispielsweise Siliziumdioxid sein. Es findet ein Bondprozess statt, der beide Scheiben fest miteinander verbindet.

- Das Abtragen des Abschnitts 2c der Bauelementescheibe ist im Ergebnis der Figur 1 dann dargestellt, wenn der Abtrag bereits so tief erfolgte, dass  $h_0$  auf  $h_6$  abgetragen wurde, um den Grabenboden 6a gerade freizulegen und den Graben 6 der Breite  $b_6$  für die optische Einrichtung 30 sichtbar zu machen. In diesem Zustand ist die Oberfläche 2b in ihrer Höhe reduziert auf die verbliebene Oberfläche 2b', wie in Figur 1 dargestellt.



Der Graben 6 ist im Wesentlichen im Mittelfeld der Reihe aus Gräben 4 bis 9 angeordnet, so dass er beidseitig mehrere Gräben besitzt, die jeweils systematisch tiefer, bzw. systematisch flacher werden. Daher ergibt sich die Beschreibung einer systematischen Reihe von Gräben, die eine definiert unterschiedliche Tiefe besitzt und in der aktiven Scheibe angeordnet sind, die später eine aktive elektronische Schaltung aufnehmen soll. Die angezielte Dicke  $h_6$  ist die Solldicke bzw. der Sollwert, auf den die Scheibe reduziert werden soll. Diese angezielte Dicke als Sollwert entspricht im Wesentlichen der Tiefe  $t_6$  des Grabens 6. Je öfter der Abtragsprozess unterbrochen wird, um mit der Messeinrichtung 30 das Freilegen des Bezugsgrabens 6 zu erkennen, desto genauer kann der Abtrag gesteuert werden. Dadurch, dass der Bezugsgraben von zumindest einem tieferen Graben und zumindest einem flacheren Graben umgeben ist, also in seiner Nachbarschaft parallel zu ihm angeordnet sind, lässt sich der Dickenabtrag in vertikaler Richtung auf sichtbare Ebene abbilden.

Das Abtragen geschieht von der gegenüberliegenden Seite 2b aus, welche gegenüber der Oberseite 2a des Einbringens der Gräben als Teststruktur liegt.

Die optische Einrichtung 30 symbolisiert eine Lupe, das Auge oder ein Mikroskop.

Figur 2b zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, bei dem eine Vorstufe des Ergebnisses nach Figur 1 gezeigt ist. Es sind hier dieselben Bezugszeichen verwendet, um die Beschreibung zu kürzen und dennoch verdeutlichen zu können. Das Aufbringen des Ausführungsbeispiels nach **Figur 2a** mit der Oberseite 2a auf die Oberseite 1a der isolierenden Schicht 1, ergibt eine SOI-Struktur, die noch alle Gräben 4 bis 9 geschlossen hat. Die jeweiligen Grabenböden erscheinen erst, wenn der Abtrag von der Seite 2b aus erfolgt. Die gegenüberliegende Seite des Scheibenverbundes aus gebondeten Scheiben ist 1b und bildet die Unterseite für diesen Prozess-Schritt. Hier liegt die gebondete Waferscheibe auf.

Die Höhe der Bauelementscheibe ist noch  $h_0$ , bevor der obere Bereich 2c dieser Scheibe begonnen wird abzutragen. Der untere Bereich 2d, welcher die Gräben in der systematischen Reihe beinhaltet, wird nur teilweise abgetragen, soweit, bis der Bezugsgraben von der optischen Einrichtung 30 sichtbar wird.

Es sind hier beispielsweise zwei Bezugsgräben eingezeichnet, die als 6 und 7 gesondert erläutert werden sollen.

Die unterschiedlich tiefen Gräben in der systematischen Reihe sind eine Abstufung der Grabentiefe und eine Abstufung der Grabenbreite. Graben 6 ist tiefer und breiter als Graben 7. Bei dem Einbringen dieses Grabens durch einen Ätzprozeß unter Verwendung einer Ätzmaske mit sechs unterschiedlich breiten Öffnungen, entstehen die gezeigten Gräben.

Graben 6 erscheint dann (wird sichtbar), wenn die Höhe  $h_0$  durch die nicht dargestellte Abtragshöhe um  $h_0 - t_6$  reduziert wurde, so dass der Boden 6a abgetragen und der Graben freigelegt wird. Die optische Einrichtung 30 kann dies erkennen, wenn im zeitlichen Umfeld des Freilegens dieses Grabens der Abtragsprozess beendet und eine optische Kontrolle zwischengeschaltet wird.

Ist der Graben noch nicht sichtbar, kann weiter abgetragen werden. Ist der Graben 6 bereits sichtbar, ist das Abtragen zu beenden, wie das die Figur 1 zeigt.

Bei Bezugsgraben 7, geht es um den Boden 7a, diesen schmäleren und nicht so tiefen Graben 7 mit der Tiefe  $t_7$ . Wird die Abtragshöhe auf  $h_0 - t_7$  erhöht, erscheint zunächst der Graben 6 freigelegt, im weiteren Abtragen wird aber auch der Graben 7 freigelegt, was wiederum durch die optische Einrichtung 30 erkannt werden kann.

Entsprechendes gilt für alle Gräben, auch für die Randgräben 4 und 9, die ebenfalls zur Erkennung eingesetzt werden können, aber bevorzugt werden solche Gräben zur Erkennung eingesetzt, die im Mittelbereich der systematischen Reihe von Gräben liegen, wie das oben anhand von zwei Abtragstiefen anhand der alternativen Bezugsgräben 6 und 7 erläutert war.

In einem weiteren Ausführungsbeispiel der **Figur 3a** ist die beispielsweise aus Silizium gebildete Bauelementscheibe 2 von oben sichtbar, nachdem ein Zustand erreicht wurde, wie er anhand der **Figur 2** für den Graben 7 und die entsprechende Abtragstiefe der Abtrageinrichtung erläutert war.

Alle Gräben sind parallel als Streifengräben zu erkennen, die eine Länge  $l$  und eine Breite  $b$  besitzen. Beispielsweise der Graben 5 hat eine Länge  $l_5$ , der Graben 4 hat eine Breite  $b_4$ , Entsprechendes gilt für alle anderen Gräben. Die Länge ist größer als die Breite, aber in der systematischen Reihe wird die Breite reduziert, je geringer die Tiefe der Gräben 4 bis 9 sein soll.

Es bildet sich nach dem Abtragen die Oberfläche 2b", welche von der optischen Einrichtung daraufhin überprüft wird, ob der Bezugsgraben 7 bereits sichtbar ist. In Figur 3a ist dieser Zustand erreicht, die Abtragsvorrichtung beiseite gefahren und der optischen Einrichtung 30 der Blick auf das Meßfeld eröffnet.

5

Dieser Zustand mit der abgetragenen Höhe  $h_7$  der Bauelementscheibe 2 ist im Querschnitt in der Figur 3b gezeigt.

10

Die Lateralrichtung  $x$  bildet die Tiefenrichtung  $h/t$  ab. Je mehr Scheibenmaterial in Höhenrichtung  $h$  abgetragen wird, um so mehr Streifen entstehen in Lateralrichtung  $x$ , die dazuhin immer weniger breit werden.

Die Größenordnung der Gräben, Grabenbreite, Grabentiefe und Abstand der Gräben sind beliebig auf den Anwendungsfall zuschneidbar.

15

Es können zwei beispielhafte Bemessungsgrößen angegeben werden, so beispielsweise eine maximale Grabenbreite von  $5\text{ }\mu\text{m}$  für den breitesten und tiefsten Graben 4, und eine Abstufung von jeweils beispielsweise  $0,5\text{ }\mu\text{m}$  hinsichtlich der Grabenbreite und als Folge hinsichtlich der Grabentiefe. Als ein Raster für die Beabstandung der Gräben empfiehlt sich beispielsweise  $10\text{ }\mu\text{m}$ . Die Anordnung der Gräben kann so geschehen, dass sie in einem festen Raster wiederkehren, nur unterschiedliche Breiten besitzen, was in der Elektronik der Pulsdauer-Modulation entspricht, hier angewendet auf die Grabenbreite in einer systematischen Reihe von unterschiedlich tiefen Gräben.

25

Die Gräben können statt ungefüllt auch mit einem Isolierstoff oder einem leitfähigen Material, wie Siliziumdioxid bzw. Polysilizium gefüllt sein. Die optische Einrichtung ist in der Lage, die unterschiedlichen Materialien optisch zu unterscheiden, sei es durch Reflektion, durch Farbe oder durch Beschaffenheit.

30

\* \* \*

**Ansprüche:**

1. **Verfahren zur Kontrolle eines Dickenabtrags von einem gebondeten Halbleiterscheiben-Paar aus einer ersten und einer zweiten Scheibe (1,2), wobei**
  - eine Teststruktur (4,5,6,7,8,9), bestehend aus einer systematischen Reihe von mehreren, definiert unterschiedlich tiefen Gräben, in die (aktive) Scheibe (2) eingebracht wird, welche später eine aktive elektronische Schaltung aufnimmt;
  - eine beim Abtragen, insbesondere Polieren, angezielte Dicke ( $h_6;h_7$ ) der aktiven Scheibe (2) einer Tiefe ( $t_6;t_7$ ) eines Bezugsgrabens (6;7) der Gräben der Teststruktur entspricht, welcher Bezugsgraben (6) von flacheren und tieferen Gräben umgeben ist, insbesondere von einem benachbarten flacheren und einem anderweitig benachbarten tieferen Graben (5,7);
  - die aktive Scheibe (2) mit der Seite (2a), von der die Teststruktur eingebracht wurde, auf die zweite Scheibe des Halbleiter-Scheibenpaars, insbesondere eine Trägerscheibe (1) gebondet wird;
  - ein Abtragen, insbesondere ein Polieren, von der Rückseite (2b) der aktiven Scheibe (2) bis zum Freilegen des Bezugsgrabens (6) vorgenommen wird, insbesondere bis zum Boden (6a) des Bezugsgrabens vorgenommen wird, welches optisch beobachtbar ist, bzw. beobachtet wird (30), zur Kontrolle des Dickenabtrags von der ersten Scheibe (2).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die systematische Reihe unterschiedlich tiefe Gräben (4 bis 9) aufweist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die tiefen Gräben in einem Ätzprozess unter Verwendung einer Ätzmaske mit unterschiedlich breiten Öffnungen für die unterschiedlich breiten Gräben erzeugt werden, insbesondere vor dem Bonden der aktiven Scheibe (2) auf die Trägerscheibe (1).
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Gräben (4 bis 9) nicht gefüllt sind, also ungefüllt bzw. offen sind, bevor die aktive Scheibe (2) gebondet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die aktive Scheibe (2) eine aus einem Halbleiterkristall bestehende Scheibe, insbesondere Siliziumscheibe ist.
6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Trägerscheibe (1) eine isolierende Schicht zumindest aufweist, insbesondere aus Siliziumdioxid.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die systematische Reihe eine Folge von stetig flacher oder stetig tiefer werdenden Gräben ist, insbesondere im Wesentlichen parallel zueinander ausgerichtet.
- 5 8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 7, wobei die Gräben als Streifengräben ausgebildet sind und umso tiefer ausgebildet sind, je breiter sie sind.
9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei vor dem Erreichen des Bodens (6a) des Bezugsgrabens, bzw. dem Freilegen des Bezugsgrabens (6) zumindest einmal  
10 der Abtragsprozess für eine optische Kontrolle oder Beobachtung (30) unterbrochen wird.
10. **Vorrichtung** zur Kontrolle des Dickenabtrags von einem gebondeten Halbleiterscheiben-Paar aus einer ersten und einer zweiten Scheibe (1,2), mit  
15 - einer Teststruktur (4,5,6,7,8,9) aus einer systematischen Reihe definiert unterschiedlich tiefer Gräben, welche in die erste Scheibe (2) eingebracht sind, vorgesehen um später eine aktive elektronische Schaltung aufzunehmen, wobei  
- eine beim Abtragen, insbesondere Polieren, angezielte Dicke (h7) der  
20 aktiven Scheibe (2) einer Tiefe (t7) eines Bezugsgrabens (7) der Teststruktur zugeordnet wird;  
- die aktive Scheibe (2) mit der Seite, von der die Teststruktur eingebracht ist oder wurde, auf die zweite Scheibe des Halbleiter-Scheibenpaars, insbesondere eine Trägerscheibe (1) gebondet ist;  
25 - um das Abtragen, insbesondere das Polieren, von der Rückseite (2b) der aktiven Scheibe (2) bis zum Freilegen des Bezugsgrabens (7) vorzunehmen, insbesondere des Bodens (7a) des Bezugsgrabens vorgenommen wird;  
- und mit einer optischen Einrichtung (30) zur Kontrolle des Dickenabtrags.
- 30 11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die Gräben (4 bis 9) nicht mit einem Füllwerkstoff aufgefüllt sind.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei die systematische Reihe der unterschiedlichen tiefen Gräben auch eine Systematik hinsichtlich der Breite der  
35 Gräben aufweist, so dass die Gräben umso breiter sind, je tiefer sie in der ersten Scheibe eingebracht sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder Verfahren nach Anspruch 1, wobei die angezielte Dicke die gewünschte oder eine vorgegebene Solldicke ist.
- 5 14. Verfahren nach Anspruch 9 oder 1, wobei das Abtragen, insbesondere Polieren, von der Rückseite der aktiven Scheibe beendet wird, wenn eine optische Beobachtung (30) ergibt, dass der Bezugsgraben (6) freigelegt, also vor der optischen Einrichtung von der Rückseite der aktiven Scheibe (2) erkennbar ist.
- 10 15. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Bezugsgraben (6;7) sich im Mittelfeld der systematischen Reihe befindet und diesseits und jenseits des Bezugsgrabens zumindest einer oder mehrere kleinere bzw. zumindest ein oder mehrere größere Tiefen von Gräben befinden.
- 15 16. Vorrichtung oder Verfahren nach Anspruch 15, wobei diesseits und jenseits auch zumindest einer oder mehrere schmalere bzw. breitere Gräben vorgesehen sind.

1 / 1

Fig. 1

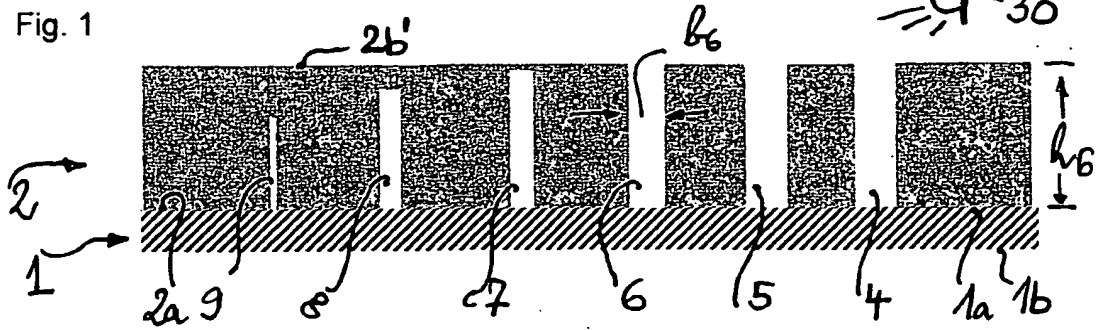


Fig. 2a

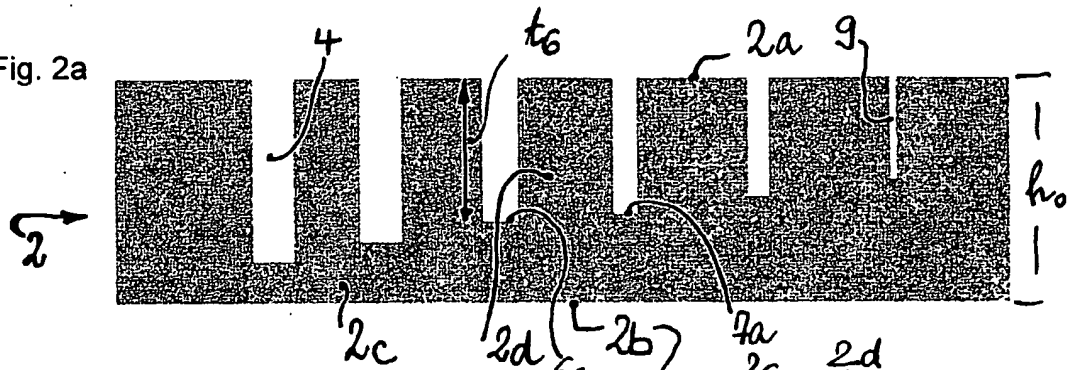


Fig. 2b

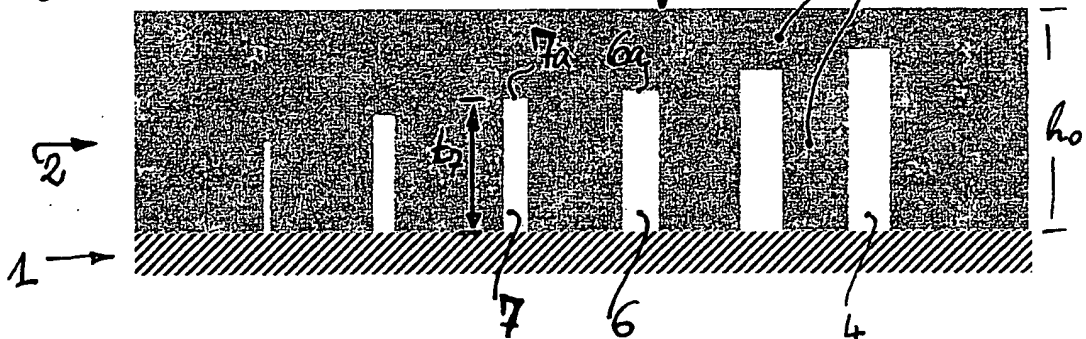


Fig. 3a

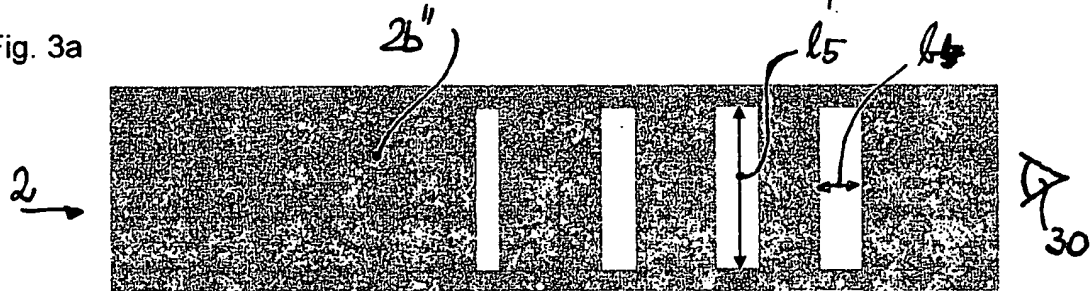


Fig. 3b

